GAW-SCHWEIZ

KLEINE PARTIKEL, GROSSE AUSWIRKUNG

Das Paul Scherrer Institut PSI betreibt im Sphinx-Labor der hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch seit mehr als 25 Jahren eine Langzeitmessreihe von atmosphärischen Aerosolen, um deren Auswirkungen auf das Klima genauer zu verstehen.

TEXT: MARTIN GYSEL-BEER UND BENJAMIN BREM, PAUL SCHERRER INSTITUT

Aerosolpartikel im Grössenbereich zwischen wenigen Nanometern und dutzenden Mikrometern stammen aus verschiedenen natürlichen und anthropogenen Quellen. Beispiele sind Meersalzpartikel aus Gischt, aufgewirbelter Saharastaub, Rauch von Waldbränden und Abgase aus Holzverbrennung oder Verbrennungsmotoren. Im Jahr 1988 startete das Paul Scherrer Institut PSI am Jungfraujoch mit seinen ersten Messungen. Nur wenig war damals über die Eigenschaften der Aerosole in Luftschichten auf dieser Höhe bekannt. Als eines der ersten Ergebnisse stellte sich überraschenderweise heraus, dass die Menge an Aerosolpartikeln während der warmen Jahreszeit oft einen starken Tagesgang aufweist. Das heisst, es findet regelmässig ein vertikaler Transport der Partikel über die durchmischte planetare Grenzschicht hinaus bis in die untere freie Troposphäre am Jungfraujoch statt. Das sind ideale Voraussetzungen, um die Klimaeffekte von gealterten Aerosolen fern von den Quellen zu studieren.

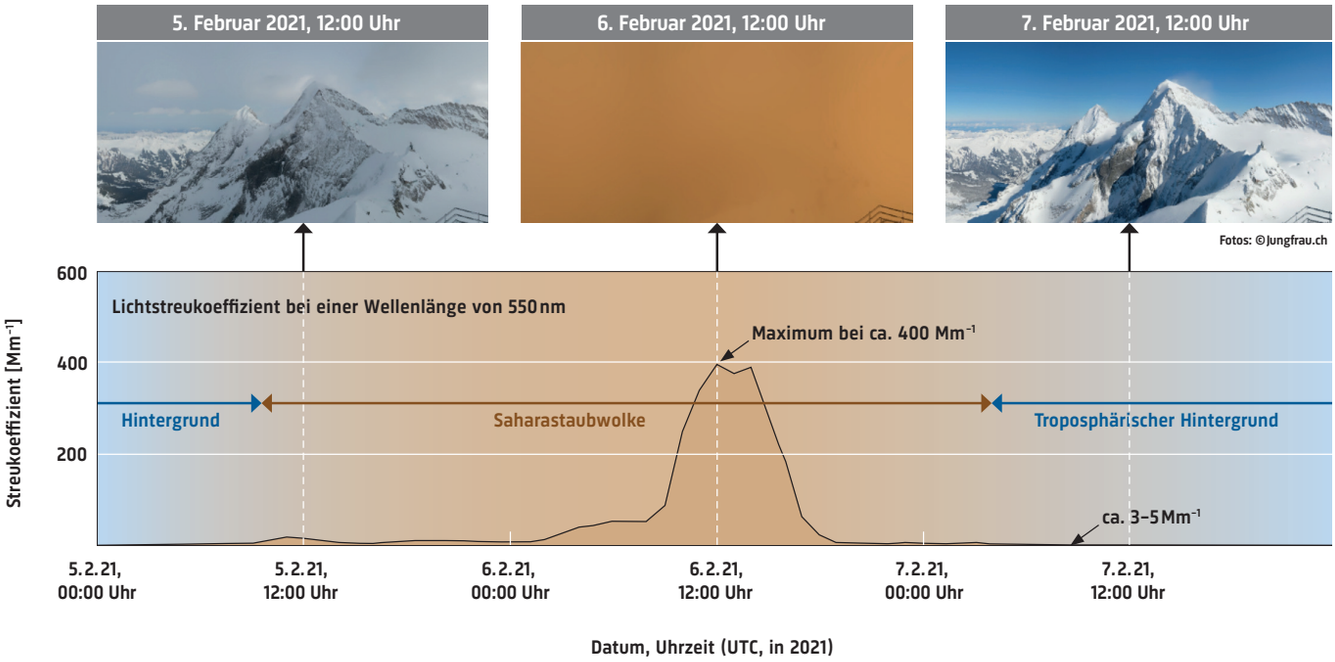
AEROSOLE MASKIEREN DIE KLIMAERWÄRMUNG

Bei sonnigem Wetter geniessen Touristinnen und Touristen die Aussicht auf dem Jungfraujoch. Währenddessen interagieren die Aerosolpartikel mit der Sonnenstrahlung, indem sie diese teilweise absorbieren oder ins Weltall zurückreflektieren. Oft ist das Sphinx-Labor aber von Wolken umhüllt, was dann eher die Forschenden begeistert. Führt die Abkühlung aufsteigender Luft zu überschüssiger Feuchtigkeit, dann bilden sich Wolkentröpfchen an den Aerosolpartikeln. Zusätzliche anthropogene Partikel erhöhen somit die Anzahl Tröpfchen, was das Rückstrahlvermögen der Wolken verstärkt. Beide Prozesse beeinflussen die Strahlungsbilanz der Erde. Entsprechend sind die Messreihen klimarelevanter Eigenschaften der Aerosole Bestandteil des «Global Atmosphere Watch (GAW)»-Programmes der Weltorganisation für Meteorologie. Nach heutigem Wissensstand haben anthropogene Aerosole insgesamt eine kühlende Wirkung und maskieren teilweise die durch Zunahme der Treibhausgase getriebene Erderwärmung.[1] Die grosse Anzahl relevanter Parameter wie zum Beispiel Anzahl, Masse, Grösse, chemische Zusammensetzung, Wasserlöslichkeit und optische Eigenschaften kombiniert mit hoher räumlicher und zeitlicher Variabilität machen die genaue Bestimmung der Umwelteinflüsse zur Herausforderung. Diese wird mit koordinierten Beobachtungsnetzwerken und interdisziplinären Forschungskollaborationen angegangen.

INTERNATIONALE FALLSTUDIEN ERGÄNZEN LANGZEITMESSREIHEN

Die Aerosolbeobachtungen am Jungfraujoch sind in den Schweizer Beitrag zu GAW eingebunden, der seit 1994 durch MeteoSchweiz koordiniert und finanziell unterstützt wird. Solche kontinuierlichen Messungen bilden eine ausgezeichnete Grundlage für regelmässig durchgeführte Fallstudien mit Einbezug von Forschungsgruppen aus Europa und darüber hinaus. Eine wichtige Rolle kommt dabei auch der «Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure (ACTRIS)» zu, welche den Betrieb von Beobachtungsstationen in Europa mit starker Anbindung an GAW unterstützt und Zusammenarbeiten intensiviert. In solchen Aerosol-Wolken-Experimenten am Jungfraujoch konnten wir zeigen, dass nur diejenigen Partikel als Keime für Tröpfchen wirken, die den minimal notwendigen Durchmesser überschreiten, und wie dieser Schwellwert von der chemi-

Das Forschungslabor zuoberst im Sphinx-Gebäude (Jungfraujoch). Hier misst das Paul Scherrer Institut PSI Aerosole in der Atmosphäre. Foto: PSI, Markus Fischer



Im Februar 2021 zog eine aussergewöhnlich dichte Saharastaubwolke am Jungfraujoch vorbei. Ein Streukoeffizient von 400 Mm^{-1} bewirkte, dass über eine Distanz von 1,7 km die Hälfte des direkt einfallenden Sonnenlichtes zu diffuser Strahlung abgelenkt wurde. Lichtabsorption verursachte zusätzlich die bräunliche Einfärbung. Fotos: Jungfrau.ch; Grafik: PSI

schen Zusammensetzung der Partikel sowie der Aufwindgeschwindigkeit in der Wolke abhängt. Solches Prozessverständnis dient der Implementierung von Modellsimulationen.

EMISSIONSREDUKTIONEN ZEIGEN WIRKUNG

Unterliegen die Klimaeffekte der anthropogenen Aerosole einem Trend? Davon ist auszugehen. Die Langzeitmessreihen am Jungfraujoch belegen, dass die Interaktion von Aerosolen mit der Sonnenstrahlung kontinuierlich abnimmt. Verschiedene Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität machen sich auch in der freien Troposphäre bemerkbar. Dank der Einführung von Dieselpartikelfiltern bei Verbrennungsmotoren gibt es weniger Russpartikel und die Reduktion von Schwefel in fossilen Treibstoffen schlägt sich in weniger Sulfatpartikeln nieder. Global betrachtet gibt es allerdings regionale Unterschiede in den Trends der Emissionen und Aerosolbelastung.

«OBSERVATIONS AND RESEARCH ON AEROSOL CLIMATE IMPACTS DONE AT THE JUNGFRAUJOCH WITHIN THE GAW PROGRAMME ARE OUTSTANDING»

PROF. PAOLO LAJ, INTERIM SCIENTIFIC CHAIR, ACTRIS RESEARCH INFRASTRUCTURE

Auch natürliche Aerosole sind auf dem Jungfraujoch messbar. Im Februar dieses Jahres zog eine aussergewöhnlich dichte Saharastaubwolke über die Schweiz. Die Grafik zeigt, wie das Jungfraujoch in der dichten Staubwolke verschwand und wie stark die Ablenkung des einfallenden Sonnenlichtes gemessen als Streukoeffizient zunahm. Diese Aerosolschicht verursachte eine deutliche Differenz zwischen prognostizierter und eingetretener Temperatur. Je nach Wettersituation können sich solche Aerosolschichten auch auf weitere Parameter wie Wind oder Niederschlag auswirken.

Prognosen von Luftqualität und Wetter durch dynamische Einbindung von Aerosolbeobachtungen in die Modelle zu verbessern, ist aktuell Gegenstand der Forschung. Entsprechend werden mit Einbezug von ACTRIS und GAW automatisierte Datenketten zur verzögerungsfreien Übermittlung der Messungen an Datenzentren implementiert. Die erwarteten Resultate helfen, solche Extrema und Variabilität von Wetter und Klima präziser zu verstehen und zu modellieren. ■

REFERENZEN

1 Szopa S et al. (2021) **Short-lived climate forcers.** In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press. In Press.

MEHR INFORMATIONEN
psi.ch/en/lac/projects/gaw-monitoring

KONTAKT
martin.gysel@psi.ch, benjamin.brem@psi.ch

PAUL SCHERRER INSTITUT

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz